LENTES GRAVITACIONALES

Cuando la gravedad juega con la luz

Aunque parezca extraño, la luz y la gravedad se unen en una bella danza cósmica y producen el fenómeno de las lentes gravitacionales. Aparecen, así, ante los ojos humanos imágenes clonadas, múltiples, casi imposibles. Pero este fenómeno, predicho por la teoría de Einstein antes de que se construyeran los instrumentos para observarlo, no es sólo un juego estelar para que el hombre lo contemple azorado: también puede ser una llave para intentar responder algunas de las grandes preguntas del universo.

ENTREVISTA AL BIOTECNOLOGO HAROLD JENNINGS

"En vacunas, la suerte sigue jugando un papel importante"

POR MALEN RUIZ DE ELVIRA
El País

El científico canadiense Harold Jennings y su grupo en el National Research Council (NRC) de Canadá llevan 25 años en el estudio de los agentes causantes de las meningitis bacterianas: meningococos y estreptococos. Fruto de este largo trabajo es una vacuna contra la meningitis C que ha llegado tras un largo periplo al mercado internacional (se ha aplicado en los dos últimos años masivamente en niños con muy buenos resultados en el Reino Unido). También está en pruebas una vacuna similar contra la meningitis B, que sería la primera de su tipo y la primera sintética del mundo. Así y todo, Jennings, entrevistado en su laboratorio de Ottawa, reconoce que en inmunología la suerte sigue siendo un factor clave. También se muestra realista ante la dificultad de lograr curas para enfermedades que no interesan a las grandes empresas farmacéuticas por afectar sobre todo a países pobres.

–¿Por qué se interesa por la meningitis?

–Las meningitis B y C son las más comunes en el mundo desarrollado y causan bastantes fallecimientos. También nos hemos concentrado en el estreptococo que causa la meningitis neonatal. Para la meningitis C antes existían vacunas poco eficaces realizadas con un polisacárido de la superficie de la bacteria. Lo que hemos hecho es combinar un polisacárido con una proteína, consiguiendo que diera protección a niños pequeños y que la protección sea duradera. La investigación se hizo hace bastantes años, pero conseguir fabricar la vacuna e iniciar las pruebas ha sido muy largo. Ahora está en manos de una multinacional y va muy bien. Pero es más espectacular la vacuna de la meningitis B. Había algunas poco eficaces, no reconocidas ni en Estados Unidos ni en Europa, y que además no sirven para los niños. Nosotros tomamos un polisacárido, lo modificamos genéticamente, lo enganchamos a una proteína y encontramos que era altamente inmunogénico.

–¿Era la misma proteína que la de la meningitis C?

–Sí, pero ahora la empresa, que es la misma, ha cambiado esa proteína por otra de la membrana externa de la bacteria, para obtener una respuesta inmune más fuerte, y la vacuna está en la fase I de ensayo clínico, aunque no sé exactamente dónde.

–¿Por qué no trabajan sobre la meningitis A?

–No incluimos el grupo A porque se da sobre todo en Africa, China e India, pero creemos que una vacuna similar a las de los grupos B y C funcionaría bien. Lo que estamos tratando de hacer es implicar a gente de estas zonas del mundo para que la hagan por sí mismos, porque es importante para ellos. Estamos dispuestos a enseñarles cómo hacerlo. Este año viene un científico chino a trabajar aquí.

LAS COMPAÑIAS, LA SALUD, EL NEGOCIO

–¿Y las compañías farmacéuticas?

–No están muy interesadas porque el mercado no es grande. Todavía están desarrollando el mercado para estos productos en Occidente y hasta que no esté saturado no les interesará expandirlo.

–¿Se consideran sintéticas estas vacunas?

–La vacuna C es sintética en cierto modo porque el enlace entre el polisacárido y la proteína es químico, no es natural, pero la vacuna B es totalmente sintética porque hemos modificado la estructura del polisacárido; ya no es la natural, pero funciona.

–¿Por qué funciona?

–Porque imita un epitoto –una estructura que induce una respuesta inmune– muy singular de la superficie de la bacteria. Ha sido pura suerte que lo haga. No estábamos buscándolo, al menos al principio.

–Existe desconfianza sobre las posibilidades de las vacunas sintéticas en general.

–No se puede negar totalmente que puedan funcionar porque hay demasiadas cosas que todavía no sabemos. En nuestro caso lo hemos conseguido casi por azar, al modificar el polisacárido para ver si conseguíamos respuesta inmune, pero en el caso de una vacuna de péptidos se podría pensar en un método sistemático.

–¿Cómo ve el futuro de las vacunas?

–Soy un gran partidario de las vacunas. Son eficaces, ahorran mucho dinero y salvan vidas, especialmente de niños. Además estamos llegando al límite de los antibióticos y lo único que va a funcionar en el futuro serán las vacunas, que no dependen de que los microorganismos desarrollen resistencia, ya que es un mecanismo completamente distinto.

–¿Y las vacunas contra los virus?

–Se hacen vacunas que funcionan, pero no se conocen los mecanismos básicos ni se sabe si se pueden hacer vacunas sintéticas. Se está trabajando muy poco sobre el tema.

–Por último, le pregunto por la malaria.

–Yo no diría que es imposible obtener una vacuna contra la malaria, si antes no se destinan muchos recursos, lo que no se está haciendo ahora. Puede ser difícil, pero yo no podría decirlo de antemano.



Cuando la gravedad juega con la luz

POR MARIANO RIBAS

La gravedad juega con la luz. Y, en ciertos casos, genera espectaculares actos de ilusionismo cósmico: imágenes fantasmales de galaxias y cuásares que se multiplican como clones en la oscuridad más profunda del espacio. El fenómeno es una de las manifestaciones más curiosas de la naturaleza física del universo. Y para la astronomía es relativamente nuevo: las "lentes gravitacionales" fueron vislumbradas por Albert Einstein a principios del siglo recién pasado, pero su confirmación a gran escala tuvo que esperar varias décadas. Durante los últimos años, y gracias al desarrollo de nuevos telescopios, radiotelescopios y cámaras ultrasensibles, los astrónomos han registrado incontables casos de lentes gravitacionales de todo tipo. Y hace apenas unas semanas, se conoció uno sumamente interesante: tres lejanísimas galaxias cuya gravedad actúa como lente, alterando la trayectoria de la luz de un cuásar aún más distante, pero en la misma línea visual. Y el resultado, visto desde la Tierra, es sorprendente: seis imágenes idénticas, y casi pegadas, de la misma galaxia.

Las lentes gravitacionales demuestran una de las principales predicciones de la Teoría de la Relatividad: los objetos masivos distorsionan el espacio y tuercen el camino de la luz. Y más allá de su espectacularidad, también son una muy buena herramienta para los científicos, porque sus alucinantes efectos observables esconden valiosa información sobre la distribución de la materia en el espacio. Incluso, de la siempre esquiva, y abrumadoramente mayoritaria, materia oscura.



CLASICO EJEMPLO DE LENTE GRAVITACIONAL: UN CUM

EINSTEIN Y EL DESVIO DE LA LUZ

Curiosamente, esta historia de las lentes gravitacionales comienza con un fenómeno tan simple como un eclipse total de Sol. En 1915, Albert Einstein le dio las últimas pinceladas a la Teoría de la Relatividad General, que extiende los resultados de la Teoría Especial, de 1905. Su nuevo trabajo traía bajo el brazo varias ideas de lo más provocativas. Y una de ellas, central, tiene mucho que ver con este asunto: Einstein decía que la fuerza de gravedad no es más que la curvatura del tejido espacio tiempo provocada por la presencia de objetos masivos. A mayor masa, mayor curvatura. Y asociada a esta idea, otra: al pasar cerca de un cuerpo, cualquier cosa que viaje por el universo será afectada por su gravedad, alterando en mayor o menor medida su trayectoria original. Y eso incluye a la luz. Este es un concepto clave para entender el fenómeno de las lentes gravitacionales.

La luz se desvía al pasar cerca de un objeto masivo. La idea era de lo más interesante, pero había que probarla. Y los científicos de aquel entonces encontraron un escenario ideal para la demostración: un eclipse total de Sol. Efectivamente, cuando la Luna ocultara completamente al Sol, oscureciendo el cielo, sería posible observar (y medir) la posición de las estratégicas estrellas visibles en su vecindad. Si Einstein tenía razón, la luz de esas estrellas debía desviarse y llegar a la Tierra con una trayectoria diferente de la original. Y por lo tanto, las estrellas se verían en una posición distinta de la que realmente ocupan. Einstein ya había anticipado que ese desvío sería ínfimo y completamente imperceptible simple vista. Pero podría medirse con instrumentos y mediante técnicas fotográficas.

EL ECLIPSE DE 1919

El astrónomo inglés Arthur Eddington, entusiasmado con las predicciones relativistas sobre la desviación de la luz, decidió ponerlas a prueba: organizó una expedición científica para observar el eclipse total de Sol del 29 de mayo de 1919. Previendo el peligro de que las nubes lo arruinaran todo, Eddington eligió dos lugares de observación dentro de la zona de visibilidad del eclipse: uno en la pequeña isla Príncipe, en el golfo de Guinea, Africa, y el otro, en Sobral, una localidad perdida en el norte de Brasil. En Príncipe, el 29 de mayo de 1919 comenzó con un aguacero que recién paró a mediodía. Cuando el Sol apareció finalmente en el cielo, todavía rodeado de nubes, la Luna ya estaba mordiendo uno de sus bordes. Eran cerca de las dos de la tarde. A eso de las tres y cuarto, el Sol quedó completamente tapado por la Luna. Y afortunadamente, las nubes dispersas no taparon el esperado encuentro, que duró apenas unos tres minutos. En medio del tradicional nerviosismo que reina en todo eclipse solar, Eddington tomó varias fotos, en las que aparecían unas pocas estrellas (de la constelación de Tauro) cerca del borde del Sol. Las fotos y las mediciones obtenidas por las dos expediciones británicas fueron analizadas cuidadosamente durante los meses. Y probaron la famosa predicción de la Teoría General de la Relatividad: la luz de las estrellas se había desviado por culpa de la gravedad solar, haciéndolas aparecer en una posición ligeramente falsa. La gravedad había torcido a la luz. Era, en cierto modo, el primer caso de una lente gravitacional, humilde, pero el primero. Lo verdaderamente asombroso recién llegaría en la otra punta del siglo XX.

CAMINO AL ASOMBRO

El eclipse de 1919 le dio un fenomenal espaldarazo a la teoría de Einstein. Pero todavía nadie hablaba de lentes gravitacionales. Para eso hubo que esperar hasta 1936, cuando el propio Einstein publicó un recordado artículo en la revista *Science* donde proponía que ciertos objetos en ciertas circunstancias podrían actuar como lentes. Sin embargo, Einstein consideró que observar el fenómeno en toda su dimensión sería una tarea casi imposible, porque hacía falta una alineación casi perfecta entre del observador, el objeto-lente y la fuente de luz. Por otra parte, y aunque eso fuese posible, Einstein creía que el propio brillo del objeto-lente (una estrella o una galaxia) opacaría la débil luz desviada y distorsionada de la fuente de luz (es decir, el objeto más lejano y en la misma línea visual). Un año más tarde, el gran astrónomo Fritz Zwicky tomó la posta y planteó un escenario bastante más espectacular: si un cúmulo de galaxias se interpone en la visual entre el observador y un objeto aún más distante –supongamos,

ENTREVISTA AL BIOTECNOLOGO HAROLD JENNINGS

“En vacunas, la suerte sigue jugando un papel importante”

POR MALEN RUIZ DE ELVIRA
El País

El científico canadiense Harold Jennings y su grupo en el National Research Council (NRC) de Canadá llevan 25 años en el estudio de los agentes causantes de las meningitis bacterianas: meningococos y estreptococos. Fruto de este largo trabajo es una vacuna contra la meningitis C que ha llegado tras un largo periplo al mercado internacional (se ha aplicado en los dos últimos años masivamente en niños con muy buenos resultados en el Reino Unido). También está en pruebas una vacuna similar contra la meningitis B, que sería la primera de su tipo y la primera sintética del mundo. Así y todo, Jennings, entrevistado en su laboratorio de Ottawa, reconoce que en inmunología la suerte sigue siendo un factor clave. También se muestra realista ante la dificultad de lograr curas para enfermedades que no interesan a las grandes empresas farmacéuticas por afectar sobre todo a países pobres.

–¿Por qué se interesa por la meningitis?

–Las meningitis B y C son las más comunes en el mundo desarrollado y causan bastantes fallecimientos. También nos hemos concentrado en el estreptococo que causa la meningitis neonatal. Para la meningitis C antes existían vacunas poco eficaces realizadas con un polisacárido de la superficie de la bacteria. Lo que hemos hecho es combinar un polisacárido con una proteína, consiguiendo que diera protección a niños pequeños y que la protección sea duradera. La investigación se hizo hace bastantes años, pero conseguir fabricar la vacuna e iniciar las pruebas ha sido muy largo. Ahora está en manos de una multinacional y va muy bien. Pero es más espectacular la vacuna de la meningitis B. Había algunas poco eficaces, no reconocidas ni en Estados Unidos ni en Europa, y que además no sirven para los niños. Nosotros tomamos un polisacárido, lo modificamos genéticamente, lo enganchamos a una proteína y encontramos que era altamente inmunogénico.

–¿Era la misma proteína que la de la meningitis C?

–Sí, pero ahora la empresa, que es la misma, ha cambiado esa proteína por otra de la membrana externa de la bacteria, para obtener una respuesta inmune más fuerte, y la vacuna está en la fase I de ensayo clínico, aunque no sé exactamente dónde.

–¿Por qué no trabajan sobre la meningitis A?

–No incluimos el grupo A porque se da sobre todo en Africa, China e India, pero creemos que una vacuna similar a las de los grupos B y C funcionaría bien. Lo que estamos tratando de hacer es implicar a gente de estas zonas del mundo para que la hagan por sí mismos, porque es importante para ellos. Estamos dispuestos a enseñarles cómo hacerlo. Este año viene un científico chino a trabajar aquí.

LAS COMPAÑIAS, LA SALUD, EL NEGOCIO

–¿Y las compañías farmacéuticas?

–No están muy interesadas porque el mercado no es grande. Todavía están desarrollando el mercado para estos productos en Occidente y hasta que no esté saturado no les interesará expandirlo.

–¿Se consideran sintéticas estas vacunas?

–La vacuna C es sintética en cierto modo porque el enlace entre el polisacárido y la proteína es químico, no es natural, pero la vacuna B es totalmente sintética porque hemos modificado la estructura del polisacárido; ya no es la natural, pero funciona.

–¿Por qué funciona?

–Porque imita un epitoto –una estructura que induce una respuesta inmune– muy singular de la superficie de la bacteria. Ha sido pura suerte que lo haga. No estábamos buscándolo, al menos al principio.

–Existe desconfianza sobre las posibilidades de las vacunas sintéticas en general.

–No se puede negar totalmente que puedan funcionar porque hay demasiadas cosas que todavía no sabemos. En nuestro caso lo hemos conseguido casi por azar, al modificar el polisacárido para ver si conseguíamos respuesta inmune, pero en el caso de una vacuna de péptidos se podría pensar en un método sistemático.

–¿Cómo ve el futuro de las vacunas?

–Soy un gran partidario de las vacunas. Son eficaces, ahorran mucho dinero y salvan vidas, especialmente de niños. Además estamos llegando al límite de los antibióticos y lo único que va a funcionar en el futuro serán las vacunas, que no dependen de que los microorganismos desarrollen resistencia, ya que es un mecanismo completamente distinto.

–¿Y las vacunas contra los virus?

–Se hacen vacunas que funcionan, pero no se conocen los mecanismos básicos ni se sabe si se pueden hacer vacunas sintéticas. Se está trabajando muy poco sobre el tema.

–Por último, le pregunto por la malaria.

–Yo no diría que es imposible obtener una vacuna contra la malaria, si antes no se destinan muchos recursos, lo que no se está haciendo ahora. Puede ser difícil, pero yo no podría decirlo de antemano.



Cuando la gravedad juega con la luz

POR MARIANO RIBAS

La gravedad juega con la luz. Y, en ciertos casos, genera espectaculares actos de ilusionismo cósmico: imágenes fantasmales de galaxias y cuásares que se multiplican como clones en la oscuridad más profunda del espacio. El fenómeno es una de las manifestaciones más curiosas de la naturaleza física del universo. Y para la astronomía es relativamente nuevo: las “lentes gravitacionales” fueron vislumbradas por Albert Einstein a principios del siglo recién pasado, pero su confirmación a gran escala tuvo que esperar varias décadas. Durante los últimos años, y gracias al desarrollo de nuevos telescopios, radiotelescopios y cámaras ultrasensibles, los astrónomos han registrado incontables casos de lentes gravitacionales de todo tipo. Y hace apenas unas semanas, se conoció uno sumamente interesante: tres lejanísimas galaxias cuya gravedad actúa como lente, alterando la trayectoria de la luz de un cuásar aún más distante, pero en la misma línea visual. Y el resultado, visto desde la Tierra, es sorprendente: seis imágenes idénticas, y casi pegadas, de la misma galaxia.

Las lentes gravitacionales demuestran una de las principales predicciones de la Teoría de la Relatividad: los objetos masivos distorsionan el espacio y tuercen el camino de la luz. Y más allá de su espectacularidad, también son una muy buena herramienta para los científicos, porque sus alucinantes efectos observables esconden valiosa información sobre la distribución de la materia en el espacio. Incluso, de la siempre esquiva, y abrumadoramente mayoritaria, materia oscura.

CLASICO EJEMPLO DE LENTE GRAVITACIONAL: UN CUMULO DE GALAXIAS RODEADO POR ARCOS DE LUZ; LUZ QUE ESTA DISTORSIONADA POR LA GRAVEDAD.

EINSTEIN Y EL DESVIO DE LA LUZ

Curiosamente, esta historia de las lentes gravitacionales comienza con un fenómeno tan simple como un eclipse total de Sol. En 1915, Albert Einstein le dio las últimas pinceladas a la Teoría de la Relatividad General, que extiende los resultados de la Teoría Especial, de 1905. Su nuevo trabajo traía bajo el brazo varias ideas de lo más provocativas. Y una de ellas, central, tiene mucho que ver con este asunto: Einstein decía que la fuerza de gravedad no es más que la curvatura del tejido espacio tiempo provocada por la presencia de objetos masivos. A mayor masa, mayor curvatura. Y asociada a esta idea, otra: al pasar cerca de un cuerpo, cualquier cosa que viaje por el universo será afectada por su gravedad, alterando en mayor o menor medida su trayectoria original. Y eso incluye a la luz. Este es un concepto clave para entender el fenómeno de las lentes gravitacionales.

La luz se desvía al pasar cerca de un objeto masivo. La idea era de lo más interesante, pero había que probarla. Y los científicos de aquel entonces encontraron un escenario ideal para la demostración: un eclipse total de Sol. Efectivamente, cuando la Luna ocultara completamente al Sol, oscureciendo el cielo, sería posible observar (y medir) la posición de las estratégicas estrellas visibles en su vecindad. Si Einstein tenía razón, la luz de esas estrellas debía desviarse y llegar a la Tierra con una trayectoria diferente de la original. Y por lo tanto, las estrellas se verían en una posición distinta de la que realmente ocupan. Einstein ya había anticipado que ese desvío sería ínfimo y completamente imperceptiblea simple vista. Pero podría medirse con instrumentos y mediante técnicas fotográficas.

EL ECLIPSE DE 1919

El astrónomo inglés Arthur Eddington, entusiasmado con las predicciones relativistas sobre la desviación de la luz, decidió ponerlas a prueba: organizó una expedición científica para observar el eclipse total de Sol del 29 de mayo de 1919. Previendo el peligro de que las nubes lo arruinaran todo, Eddington eligió dos lugares de observación dentro de la zona de visibilidad del eclipse: uno en la pequeña isla Príncipe, en el golfo de Guinea, Africa, y el otro, en Sobral, una localidad perdida en el norte de Brasil. En Príncipe, el 29 de mayo de 1919 comenzó con un aguacero que recién paró a mediodía. Cuando el Sol apareció finalmente en el cielo, todavía rodeado de nubes, la Luna ya estaba mordiendo uno de sus bordes. Eran cerca de las dos de la tarde. A eso de las tres y cuarto, el Sol quedó completamente tapado por la Luna. Y afortunadamente, las nubes dispersas no taparon el esperado encuentro, que duró apenas unos tres minutos. En medio del tradicional nerviosismo que reina en todo eclipse solar, Eddington tomó varias fotos, en las que aparecían unas pocas estrellas (de la constelación de Tauro) cerca del borde del Sol. Las fotos y las mediciones obtenidas por las dos expediciones británicas fueron analizadas cuidadosamente durante los meses. Y probaron la famosa predicción de la Teoría General de la Relatividad: la luz de las estrellas se había desviado por culpa de la gravedad solar, haciéndolas aparecer en una posición ligeramente falsa. La gravedad había torcido a la luz. Era, en cierto modo, el primer caso de una lente gravitacional, humilde, pero el primero. Lo verdaderamente asombroso recién llegaría en la otra punta del siglo XX.

CAMINO AL ASOMBRO

El eclipse de 1919 le dio un fenomenal espaldarazo a la teoría de Einstein. Pero todavía nadie hablaba de lentes gravitacionales. Para eso hubo que esperar hasta 1936, cuando el propio Einstein publicó un recordado artículo en la revista *Science* donde proponía que ciertos objetos en ciertas circunstancias podrían actuar como lentes. Sin embargo, Einstein consideró que observar el fenómeno en toda su dimensión sería una tarea casi imposible, porque hacía falta una alineación casi perfecta entre del observador, el objeto-lente y la fuente de luz. Por otra parte, y aunque eso fuese posible, Einstein creía que el propio brillo del objeto-lente (una estrella o una galaxia) opacaría la débil luz desviada y distorsionada de la fuente de luz (es decir, el objeto más lejano y en la misma línea visual). Un año más tarde, el gran astrónomo Fritz Zwicky tomó la posta y planteó un escenario bastante más espectacular: si un cúmulo de galaxias se interpone en la visual entre el observador y un objeto aún más distante –supongamos, otra galaxia–, la enorme masa del cúmulo podría desviar la luz de la galaxia, generando una imagen distorsionada de esta última. O incluso, imágenes múltiples. Una lente gravitacional de proporciones mayúsculas. Por ese entonces, nadie había visto semejante cosa. Y es lógico, porque para eso hacían falta telescopios y otros instrumentos que tardaron en aparecer. Por eso, durante varias décadas, el tema de las lentes gravitacionales quedó guardado en el freezer. Pero finalmente resucitó.

UN CUASAR “DOBLE”

Y eso ocurrió en 1979, cuando los astrofísicos norteamericanos Dennis Walsh, Robert Carswell y Ray Weymann detectaron dos misteriosos objetos, aparentemente iguales y casi pegados. Su espectro luminoso y su distanciaa la Tierra eran increíblemente idénticos (unos 5 o 6 mil millones de años luz). Parecían ser dos cuásares gemelos (los cuásares son los furiosos núcleos de galaxias lejanísimas y muy antiguas). ¿Dos cuásares iguales, juntos y a la misma distancia? Era mucha casualidad. Entonces, el intrigado trío de científicos se despachó con otra hipótesis: probablemente, estaban viendo dos imágenes del mismo cuásar, una ilusión generada por la gravedad de un tercer objeto muy masivo, no identificado, y que se interponía en su línea visual. Y así era. Poco más tarde se detectó al objeto responsable del truco: una enorme galaxia elíptica que estaba más cerca que el cuásar (a unos 3 mil millones de años luz) y en la misma línea visual. Su colosal masa desviaba la luz del cuásar, generando las dos imágenes gemelas que podían observarse. Una lente gravitacional hecha y derecha, como las que habían soñado Einstein y Zwicky.

GALERIA DE EXTRAVAGANCIAS

El caso pionero del “cuásar doble” abrió el camino a una serie de descubrimientos ininterrumpidos de lentes gravitacionales. Y hoy en día, gracias a los logros de varios programas de búsqueda –que aprovechan las virtudes del Telescopio Espacial Hubble y otras joyas por el estilo, e incluso, grandes radiotelescopios– se conocen más de sesenta. Y la fauna encontrada es de lo más variada: no todas las lentes gravitacionales producen imágenes dobles de galaxias o cuásares, como la descubierta en 1979. En algunos casos, se produce una imagen cuádruple del mismo objeto. Y el ejemplo más emblemático es la famosa “Cruz de Einstein”, que no es ni más ni menos que la imagen de un cuásar llamado 2237+0305 multiplicada por 4 por una galaxia interpuesta, que hace las veces de lente, y que en la imagen es el punto que aparece en el centro de la cuádruple aparición. Otra sorprendente variedad de lentes gravitacionales son los “anillos de Einstein”, que al igual que en el caso de las “cruces”, no se llaman así por casualidad. Son fantasmales anillos de luz que parecen rodear al objeto que hace de lente. Y tan o más curiosos son los arcos de luz que aparecen en las fotos de algunos cúmulos de galaxias (ver foto de tapa). Esos arcos son, ni más ni menos, que las imágenes deformadas –y a veces ampliadas– de una o más galaxias (o cuásares) que están más lejos y exactamente por detrás de esos cúmulos. Las imágenes dobles, las “cruces”, los “anillos”, “los arcos” y otras rarezas por el estilo forman una galería de extravagancias cuyas particularidades dependen de las características de los objetos que hacen las veces de lentes (ver cuadro). Todas responden a un mismo esquema general: la alineación de una lejana fuente de luz, uno o más objetos masivos intervinientes (la “lente”) y un observador, en este caso, nosotros, aquí en la Tierra. Y todas son distintas caras de un mismo fenómeno: el campo gravitatorio de la “lente” tuerce la luz del objeto distante, creando, para el observador, una imagen distorsionada de ese objeto.

UN CASO RECIENTE: 6 X 1

El tema de las lentes gravitacionales ha vuelto a hacer mucho ruido en el ambiente astronómico: hace poco, un equipo internacional de astrónomos, encabezados por David Rusin, de la Universidad de Pennsylavania, presentó con todo orgullo un hallazgo de lo más interesante. De la mano del Telescopio Espacial Hubble y del *Very Large Baseline Array* (una red de 10 radiotelescopios desparramados a lo largo de todos los Estados Unidos), Rusin y sus colegas obtuvieron imágenes de altísima resolución de CLASS B1359+154, una espectacular lente gravitacional descubierta hace un par de años por el programa CLASS (por *Cosmic Lens All-Sky Survey*), y de ahí su nombre. Se trata de la imagen séxtuple de una misma galaxia, distante a unos 11 mil millones de años luz, generada por un trío de galaxias más cercanas a la Tierra (unos 7 mil millones de años luz) que seinterponen exactamente entre la galaxia y nosotros. “Es la primera lente gravitacional que produce más de cuatro imágenes del objeto de fondo a partir de un pequeño grupo de galaxias”, dice Rusin. Por su parte, su socio y colega Chris Kochanek dice que se trata de un caso muy especial, “porque esta lente es mucho más complicada que aquellas producidas por una sola galaxia, pero bastante menos compleja que aquellas generadas por grandes cúmulos de galaxias”. A partir de sus observaciones, estos científicos armaron varias simulaciones por computadora para resolver el misterio de cómo el campo gravitatorio de esas 3 galaxias llegó a generar 6 imágenes idénticas de aquella otra mucho más lejana. Y, al parecer, lograron un modelo que explica bastante bien el asunto. Un intento muy valioso, por cierto, porque permite acercarse a la explicación de casos más complejos, como aquellos generados por cúmulos galácticos.

LENTES Y MATERIA OSCURA

Más allá de su fascinante atractivo, estos juegos de la gravedad con la luz tienen un valor agregado: su meticuloso análisis puede ofrecer muy buenas pistas sobre la siempre misteriosa “materia oscura” que forma parte de las galaxias (se supone que la materia oscura es, ni más ni menos, que el 90 por ciento del total de materia del universo y abarcaría desde partículas elementales, hasta objetos tan masivos como los planetas o pequeñas estrellas fracasadas). El estudio de las lentes gravitacionales permitiría averiguar qué cantidades de masa observable y no observable (y su distribución) son necesarias para generar esas alucinantes imágenes múltiples (incluyendo los arcos). Y conocer las cantidades totales de materia que existen en el universo no es un tema menor: de hecho, es un dato precioso que permitiría saber cuál será la suerte final de todo lo que existe. Si la materia no supera cierto límite, la gravedad no podrá frenar al universo y la expansión iniciada con el Big Bang, hace unos 13 mil millones de años, seguirá por siempre. Y si la materia supera ese límite... Bueno, en ese caso, la gravedad detendrá algún día la marcha del cosmos. Y a partir de ahí, se iniciaría un formidable retroceso que culminaría en una inquietante posibilidad teórica: el *Big Crunch*, la gran contracción.

Lentes gravitacionales. Juegos de luz y gravedad. Imágenes clonadas, múltiples, casi imposibles. Pero también, otra llave para intentar responder a las grandes preguntas de siempre. Quizás sin que él lo imaginara, la piedra lanzada por Albert Einstein ha llegado muy lejos.

DISTINTAS LENTES, DISTINTAS IMAGENES

Las lentes gravitacionales son de lo más surtidas. Y las imágenes que generan están directamente relacionadas con la naturaleza del objeto que hace las veces de lente. Las “cruces de Einstein”, por ejemplo, se producen cuando la masa del objeto-lente no está distribuida en forma pareja en el espacio, y divide la luz del objeto-fuente en 4 imágenes.

Los “anillos de Einstein” se dan en el caso inverso: cuando la masa el objeto-lente está distribuida en forma muy pareja y, además, perfectamente alineada con el observador. El resultado es un anillo de luz fantasmal (la del objeto fuente), rodeando al objeto-lente.

Por último, cuando el objeto lente no es una galaxia, sino todo un cúmulo, la luz del objeto-fuente toma caminos múltiples y la imagen original se desarma en montones de “arcos” que rodean y hasta se mezclan con la imagen del objeto-lente.

NOVEDADES EN CIENCIA

PULPOS IMITADORES

NewScientist Unos curiosos pulpitos de Indonesia son verdaderos maestros en el arte de las imitaciones. Hace poco, un grupo de científicos registraron con lujo de detalles sus increíbles personificaciones. Los protagonistas de esta historia eran completamente desconocidos hasta 1998, cuando fueron descubiertos en aguas de la pequeña isla de Sulawesi, en Indonesia. Desde entonces, estos animales, que miden no más de 60 centímetros, han sido estudiados por un equipo de investigadores, encabezado por el biólogo australiano Mark Norman, de la Universidad de Melbourne. Durante largas sesiones de buceo frente a las costas de Sulawesi y de Bali, Norman y sus colegas han estado filmando a estas criaturas, que los sorprendieron con sus increíbles actos de mímica: estos “pulpos imitadores”, tal como se los conoce por ahora, copian a la perfección los colores y las tonalidades de las serpientes de mar, los peces león y los lenguados, entre otras especies. “Al menos, ésas son las imitaciones de las que estamos seguros que todos estos pulpos pueden realizar, pero hemos visto un ejemplar que imitó a muchas otras variedades de peces”, dice Tom Tregenza, otro biólogo que forma parte del equipo de Norman. Ya se conocían otras especies de pulpos que pueden cambiar de color cada tanto, e incluso otros animales que en algún momento de sus vidas pueden “personificar” a otros. Pero esta es la primera vez que se descubren organismos capaces de cambiar su aspecto varias veces y en muy poco tiempo. Es más, Norman y su equipo filmaron varios pulpos imitadores que cambian su aspecto dos o tres veces a medida que nadaban en el fondo del mar. “Quizá, se la pasan haciendo mímicas todo el tiempo”, agrega Tregenza. Al parecer, este sorprendente mecanismo natural no sería más que una formidable herramienta de defensa: “Ellos son capaces de imitar a sus propios predadores, y así los engañan”, explica Norman sobre estos ingeniosos cefalópodos.



NUECES SALUDABLES

Discover Al fin de cuentas, las nueces serían un buen aliado de nuestra salud. Al menos, eso es lo que dice Penny Kris-Etherton, una prestigiosa nutricionista norteamericana después de realizar una investigación que acaba de publicarse. Hasta hace poco, muchos expertos solían decir que las nueces eran “nocivas bolas de grasa”. Pero después de analizar sus propiedades, y de examinar varios estudios clínicos, Kris-Etherton llegó a una conclusión muy diferente: según ella, comer unos 30 gramos de nueces por semana reduce notablemente los riesgos de enfermedades cardíacas y circulatorias. “Las nueces tienen un alto contenido graso, pero son grasas buenas, con un muy bajo contenido de colesterol”, explica. Por otra parte, estos pequeños manjares son paquetitos de vitaminas antioxidantes, minerales, fibras, e incluso resveratrol, una sustancia anticancerígena que también está presente en el vino tinto.



CUMULO DE GALAXIAS RODEADO POR ARCOS DE LUZ: LUZ QUE ESTA DISTORSIONADA POR LA GRAVEDAD.

otra galaxia–, la enorme masa del cúmulo podría desviar la luz de la galaxia, generando una imagen distorsionada de esta última. O incluso, imágenes múltiples. Una lente gravitacional de proporciones mayúsculas. Por ese entonces, nadie había visto semejante cosa. Y es lógico, porque para eso hacían falta telescopios y otros instrumentos que tardaron en aparecer. Por eso, durante varias décadas, el tema de las lentes gravitacionales quedó guardado en el freezer. Pero finalmente resucitó.

UN CUASAR "DOBLE"

Y eso ocurrió en 1979, cuando los astrofísicos norteamericanos Dennis Walsh, Robert Carswell y Ray Weymann detectaron dos misteriosos objetos, aparentemente iguales y casi pegados. Su espectro luminoso y su distanciaa la Tierra eran increíblemente idénticos (unos 5 o 6 mil millones de años luz). Parecían ser dos cuásares gemelos (los cuásares son los furiosos núcleos de galaxias lejanísimas y muy antiguas). ¿Dos cuásares iguales, juntos y a la misma distancia? Era mucha casualidad. Entonces, el intrigado trío de científicos se despachó con otra

DISTINTAS LENTES, DISTINTAS IMAGENES

Las lentes gravitacionales son de lo más surtidas. Y las imágenes que generan están directamente relacionadas con la naturaleza del objeto que hace las veces de lente. Las "cruces de Einstein", por ejemplo, se producen cuando la masa del objeto-lente no está distribuida en forma pareja en el espacio, y divide la luz del objeto-fuente en 4 imágenes.

Los "anillos de Einstein" se dan en el caso inverso: cuando la masa el objeto-lente está distribuida en forma muy pareja y, además, perfectamente alineada con el observador. El resultado es un anillo de luz fantasmal (la del objeto fuente), rodeando al objeto-lente.

Por último, cuando el objeto lente no es una galaxia, sino todo un cúmulo, la luz del objeto-fuente toma caminos múltiples y la imagen original se desarma en montones de "arcos" que rodean y hasta se mezclan con la imagen del objeto-lente.

hipótesis: probablemente, estaban viendo dos imágenes del mismo cuásar, una ilusión generada por la gravedad de un tercer objeto muy masivo, no identificado, y que se interponía en su línea visual. Y así era. Poco más tarde se detectó al objeto responsable del truco: una enorme galaxia elíptica que estaba más cerca que el cuásar (a unos 3 mil millones de años luz) y en la misma línea visual. Su colosal masa desviaba la luz del cuásar, generando las dos imágenes gemelas que podían observarse. Una lente gravitacional hecha y derecha, como las que habían soñado Einstein y Zwicky.

GALERIA DE EXTRAVAGANCIAS

El caso pionero del "cuásar doble" abrió el camino a una serie de descubrimientos ininterrumpidos de lentes gravitacionales. Y hoy en día, gracias a los logros de varios programas de búsqueda –que aprovechan las virtudes del Telescopio Espacial Hubble y otras joyas por el estilo, e incluso, grandes radiotelescopios– se conocen más de sesenta. Y la fauna encontrada es de lo más variada: no todas las lentes gravitacionales producen imágenes dobles de galaxias o cuásares, como la descubierta en 1979. En algunos casos, se produce una imagen cuádruple del mismo objeto. Y el ejemplo más emblemático es la famosa "Cruz de Einstein", que no es ni más ni menos que la imagen de un cuásar llamado 2237+0305 multiplicada por 4 por una galaxia interpuesta, que hace las veces de lente, y que en la imagen es el punto que aparece en el centro de la cuádruple aparición. Otra sorprendente variedad de lentes gravitacionales son los "anillos de Einstein", que al igual que en el caso de las "cruces", no se llaman así por casualidad. Son fantasmales anillos de luz que parecen rodear al objeto que hace de lente. Y tan o más curiosos son los arcos de luz que aparecen en las fotos de algunos cúmulos de galaxias (ver foto de tapa). Esos arcos son, ni más ni menos, que las imágenes deformadas –y a veces ampliadas– de una o más galaxias (o cuásares) que están más lejos y exactamente por detrás de esos cúmulos. Las imágenes dobles, las "cruces", los "anillos", "los arcos" y otras rarezas por el estilo forman una galería de extravagancias cuyas particularidades dependen de las características de los objetos que hacen las veces de lentes (ver cuadro). Todas responden a un mismo esquema general: la alineación de una lejana fuente de luz, uno o más objetos masivos intervinientes (la "lente") y un observador, en este caso, nosotros, aquí en la Tierra. Y todas son distintas caras de un mismo fenómeno: el campo gravitatorio de la "lente" tuerce la luz del objeto distante, creando, para el observador, una imagen distorsionada de ese objeto.

UN CASO RECIENTE: 6 X 1

El tema de las lentes gravitacionales ha vuelto a hacer mucho ruido en el ambiente astronómico: hace poco, un equipo internacional de astrónomos, encabezados por David Rusin, de la Universidad de Pennsylavania, presentó con todo orgullo un hallazgo de lo más interesante. De la mano del Telescopio Espacial Hubble y del *Very Large Baseline Array* (una red de 10 radiotelescopios desparramados a lo largo de todos los Estados Unidos), Rusin y sus colegas obtuvieron imágenes de altísima resolución de CLASS B1359+154, una espectacular lente gravitacional descubierta hace un par de años por el programa CLASS (por *Cosmic Lens All-Sky Survey*), y de ahí su nombre. Se trata de la imagen séxtuple de una misma galaxia, distante a unos 11 mil millones de años luz, generada por un trío de galaxias más cercanas a la Tierra (unos 7 mil millones de años luz) que seinterponen exactamente entre la galaxia y nosotros. "Es la primera lente gravitacional que produce más de cuatro imágenes del objeto de fondo a partir de un pequeño grupo de galaxias", dice Rusin. Por su parte, su socio y colega Chris Kochanek dice que se trata de un caso muy especial, "porque esta lente es mucho más complicada que aquellas producidas por una sola galaxia, pero bastante menos compleja que aquellas generadas por grandes cúmulos de galaxias". A partir de sus observaciones, estos científicos armaron varias simulaciones por computadora para resolver el misterio de cómo el campo gravitatorio de esas 3 galaxias llegó a generar 6 imágenes idénticas de aquella otra mucho más lejana. Y, al parecer, lograron un modelo que explica bastante bien el asunto. Un intento muy valioso, por cierto, porque permite acercarse a la explicación de casos más complejos, como aquellos generados por cúmulos galácticos.

LENTES Y MATERIA OSCURA

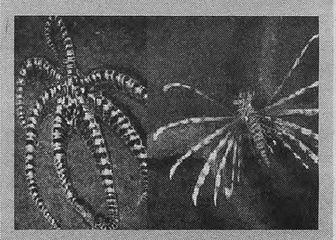
Más allá de su fascinante atractivo, estos juegos de la gravedad con la luz tienen un valor agregado: su meticuloso análisis puede ofrecer muy buenas pistas sobre la siempre misteriosa "materia oscura" que forma parte de las galaxias (se supone que la materia oscura es, ni más ni menos, que el 90 por ciento del total de materia del universo y abarcaría desde partículas elementales, hasta objetos tan masivos como los planetas o pequeñas estrellas fracasadas). El estudio de las lentes gravitacionales permitiría averiguar qué cantidades de masa observable y no observable (y su distribución) son necesarias para generar esas alucinantes imágenes múltiples (incluyendo los arcos). Y conocer las cantidades totales de materia que existen en el universo no es un tema menor: de hecho, es un dato precioso que permitiría saber cuál será la suerte final de todo lo que existe. Si la materia no supera cierto límite, la gravedad no podrá frenar al universo y la expansión iniciada con el Big Bang, hace unos 13 mil millones de años, seguirá por siempre. Y si la materia supera ese límite... Bueno, en ese caso, la gravedad detendrá algún día la marcha del cosmos. Y a partir de ahí, se iniciaría un formidable retroceso que culminaría en una inquietante posibilidad teórica: el *Big Crunch*, la gran contracción.

Lentes gravitacionales. Juegos de luz y gravedad. Imágenes clonadas, múltiples, casi imposibles. Pero también, otra llave para intentar responder a las grandes preguntas de siempre. Quizás sin que él lo imaginara, la piedra lanzada por Albert Einstein ha llegado muy lejos.

NOVEDADES EN CIENCIA

PULPOS IMITADORES

NewScientist Unos curiosos pulpitos de Indonesia son verdaderos maestros en el arte de las imitaciones. Hace poco, un grupo de científicos registraron con lujo de detalles sus increíbles personificaciones. Los protagonistas de esta historia eran completamente desconocidos hasta 1998, cuando fueron descubiertos en aguas de la pequeña isla de Sulawesi, en Indonesia. Desde entonces, estos animales, que miden no más de 60 centímetros, han sido estudiados por un equipo de investigadores, encabezado por el biólogo australiano Mark Norman, de la Universidad de Melbourne. Durante largas sesiones de buceo frente a las costas de Sulawesi y de Bali, Norman y sus colegas han estado filmando a estas criaturas, que los sorprendieron con sus increíbles actos de mímica: estos "pulpos imitadores", tal como se los conoce por ahora, copian a la perfección los colores y las tonalidades de las serpientes de mar, los peces león y los lenguados, entre otras especies. "Al menos, ésas son las



imitaciones de las que estamos seguros que todos estos pulpos pueden realizar, pero hemos visto un ejemplar que imitó a muchas otras variedades de peces", dice Tom Tregenza, otro biólogo que forma parte del equipo de Norman. Ya se conocían otras especies de pulpos que pueden cambiar de color cada tanto, e incluso otros animales que en algún momento de sus vidas pueden "personificar" a otros. Pero esta es la primera vez que se descubren organismos capaces de cambiar su aspecto varias veces y en muy poco tiempo. Es más, Norman y su equipo filmaron varios pulpos imitadores que cambian su aspecto dos o tres veces a medida que nadaban en el fondo del mar. "Quizá, se la pasan haciendo mímicas todo el tiempo", agrega Tregenza. Al parecer, este sorprendente mecanismo natural no sería más que una formidable herramienta de defensa: "Ellos son capaces de imitar a sus propios predadores, y así los engañan", explica Norman sobre estos ingeniosos cefalópodos.

NUECES SALUDABLES

Discover Al fin de cuentas, las nueces serían un buen aliado de nuestra salud. Al menos, eso es lo que dice Penny Kris-Etherton, una prestigiosa nutricionista norteamericana después de realizar una investigación que acaba de publicarse. Hasta hace poco, muchos expertos solían decir que las nueces eran "nocivas bolas de grasa". Pero después de analizar sus propiedades, y de examinar varios estudios clínicos, Kris-Etherton llegó a una conclusión muy diferente: según ella, comer unos 30 gramos de nueces por semana reduce notablemente los riesgos de enfermedades cardíacas y circulatorias. "Las nueces tienen un alto contenido graso, pero son grasas buenas, con un muy bajo contenido de colesterol", explica. Por otra parte, estos pequeños manjares son paquetitos de vitaminas antioxidantes, minerales, fibras, e incluso resveratrol, una sustancia anticancerígena que también está presente en el vino tinto.

LIBROS Y PUBLICACIONES

NAUTILUS
Revista de ciencia para chicos
Editorial Eudeba y Universidad de Buenos Aires, 24 páginas



Darwin, el Arco Iris, la posibilidad de vida en Marte y una carta de Einstein a los chicos, son los temas que conviven amistosamente en la primera edición de *Nautilus*, la revista de Eudeba y la Secretaría de Extensión Universitaria de la Universidad de Buenos Aires, destinada a estimular el placer por el conocimiento científico en la gente menuda.

La revista promete –y también consigue, que no es lo mismo– despertar la curiosidad en temas diversos. En su número inaugural, los editores no pudieron resistir la tentación de la astronomía y la física; y mostraron una pronunciada –y hasta cierto punto peligrosa– tendencia a centrarse en las estrellas de primer orden durante los últimos dos siglos, como Charles Darwin y Albert Einstein. Bueno para empezar, probablemente, pero arriesgado, ya que se pone de golpe toda la carne en el asador.

Además, *Nautilus* incluye secciones fijas, como "Otros tiempos" (que en este número hace una pequeña historia de las maneras de contar); "Imágenes de la ciencia", con fotos y dibujos de la Luna; y "Periscopio", donde se contestan brevemente preguntas sencillas y curiosas (el funcionamiento de las lamparitas, por ejemplo). Por supuesto, el nombre –de un molusco marino, que tiene y merece una bella foto– es un homenaje al primer submarino que existió en el mundo. Aunque, claro, en un mundo ideal, el mundo de la ciencia ficción de Julio Verne en *Veinte mil leguas de viaje submarino*. **M.D.A.**

AGENDA CIENTIFICA

VIERNES DE CIENCIA EN EL PLANETARIO
"Agujeros negros en el universo" es el título de la charla que brindará Félix Mirabel, miembro del IAFE-Conicet, el próximo viernes a partir de las 18.30 en el Planetario Galileo Galilei de la Ciudad de Buenos Aires, Sarmiento y Figueroa Alcorta. Y, como siempre, desde las 17.30, el espectáculo "El cielo de esta noche", en el que se observa el aspecto del cielo de Buenos Aires y las efemérides astronómicas de la semana. Entrada gratuita.

SOBRE EL GENOMA
"La humanidad del genoma" es la próxima charla de divulgación que brindará el profesor Alberto Kornblihtt, el próximo 14 de setiembre a las 18 en el Centro de Estudios Avanzados de la UBA, Uriburu 950. Informes: 4508-3625, info@cea.uba.ar

ODONTOLOGIA
Un curso intensivo para odontólogos, sobre implantes de uso inmediato y rehabilitación oral, se realizará el miércoles 19 de septiembre a las 15 a 19 y el jueves 20 de 9 a 13. Se trata del Branemark System Novum, que permite implantar en un día todos los dientes de la mandíbula inferior. Lo dictarán José H. Rodríguez y Oscar Bianchin, en Nobel Biocare, Santa Fe 2844, y está destinado a odontólogos y protesistas. Informes: 4825-9696 y 0800-44466235.

MENSAJES A FUTURO
futuro@pagina12.com.ar

LOS FINALISTAS ARGENTINOS DEL PREMIO JOVEN DEL AGUA

El agua y la conciencia

POR MARTIN DE AMBROSIO

Según el esquematismo aristotélico por el cual cada filósofo eligió un elemento del que provienen todas las cosas que inundan los sentidos, para Tales de Mileto (hacia el siglo VI antes de Cristo) el agua era todo, y todo fue agua en algún momento. La noción de "conciencia", por su parte, es bastante más difícil de rastrear en sus orígenes, pero sin duda se puede nombrar a Marx (tal vez a Descartes) y a Freud, cada uno en lo suyo, como los que la persiguieron con bastante ahínco y por momentos lograron alcanzarla.

Pues bien, un grupo de estudiantes argentinos de la localidad santafesina de Ramona (a unos 100 kilómetros de la capital santafesina y con 2 mil habitantes) resultó finalista de la edición 2001 del Premio Joven del Agua, que se entrega en Estocolmo, por su trabajo titulado "Agua y conciencia". El Premio Joven del Agua es el más prestigioso galardón internacional entregado a estudiantes secundarios que han contribuido a la conservación y el mejoramiento del agua.

HISTORIA DE UN PREMIO

Hacia 1995, el quinto año del Colegio San José de Calasanz de Ramona, Santa Fe, comenzó a investigar la calidad del agua del pueblo, con apoyo de la Facultad de Química de la Universidad de Santa Fe y de la propia municipalidad que aportaba los fondos para los gastos. Y resultó que el agua de Ramona no era incolora, inodora, ni siquiera insípida: se encontró abundancia de bacterias pululando alegremente y un alto contenido de arsénico, el mismo veneno que (dicen) mató a Napoleón Bonaparte en Santa Elena. En el agua de Ramona había 0,63 miligramo de arsénico por litro, cuando el máximo aconsejado por la Organización Mundial para la Salud es de 0,05 miligramo por litro.

La investigación comenzó gracias a la iniciativa de la profesora de Ciencias Naturales Raquel Camperi que se encargó de entusiasmar a sucesivos cursos de quinto año, de modo que el trabajo se hizo con varios grupos de alumnos, el último de los cuales –conformado por Claudia Ferrero, Diego Menardi, Mario Moreyra, Vanina Pautasso, Gerardo Peiretti– obtuvo finalmente el premio argentino



LOS FINALISTAS DEL *PREMIO JOVEN DEL AGUA*.

otorgado por Aidis (Asociación interamericana y argentina de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente) y la oportunidad de viajar a Estocolmo, donde se eligió a los ganadores mundiales, que –suele suceder– resultaron aquellos que jugaban de local, por un estudio sobre los iones de las aguas residuales.

En la capital de Suecia, donde el trabajo recibió elogios de los jurados, los chicos argentinos participaron de una cena de gala con los mismísimos reyes, en el mismo Salón Dorado en el que se entregan anualmente los premios Nobel. Según contó Diego Menardi, uno de los finalistas que piensa continuar su carrera científica en la Universidad (tal vez en el área de la ingeniería química), fue muy importante el viaje, la distinción y cenar con los reyes, "aunque no guardo el mejor recuerdo del menú de pescado, papas y ensalada".

LA CONCIENCIA

Una de las ideas centrales del proyecto era informar a la población acerca de los peligros de consumir el agua extraída de pozos, y hacer conocer los efectos a largo plazo –veinte años– del arsénico: el arsénico se acumula en el organismo y puede provocar enfermedades, entre las que se encuentra el cáncer, que tiene en Ramona una mayor incidencia que en otras localidades con abastecimiento de agua corriente.

Hacia 1998 se logró conseguir una planta depuradora, pero sin el tendido de agua corriente, por lo que quienes querían consumir el "agua buena" debían ir hasta el municipio, de 9 a 12 horas, y comprarla a diez centavos el litro. Consecuencia: la mayoría de la gente seguía tomando el agua con arsénico. Entonces, nuevamente, el grupo se dedicó a realizar más encuestas y a informar a la población acerca de los peligros, que resultan intangibles porque no hay síntomas en el corto plazo.

Más allá de los logros en la concientización de la población de Ramona, la profesora Camperi rescata el modo en que se relacionó el sector educativo con toda la comunidad. "Este es un cambio en la concepción de la docencia, volcada a la enseñanza pero también a la utilidad social; y que espero que sirva de ejemplo para futuras investigaciones."

FINAL DE JUEGO / CORREO DE LECTORES

donde se da cuenta de las amenazas recibidas y se calcula el número de dígitos del primo más grande que se conoce

POR LEONARDO MOLEDO

–Bueno –dijo el Comisario Inspector– debo decir que sigo recibiendo presiones de todo tipo para que dé mi posición sobre si la economía es o no una ciencia.

–¿Presiones metafísicas también? –preguntó Kuhn.

–No –dijo el Comisario Inspector– metafísicas no.

–Entonces no son de **todo** tipo –dijo Kuhn–. Debo informar que esto no es una observación original mía sino de...

–No importa de quién –dijo el Comisario Inspector– el asunto es que fui interceptado por un economista armado que me exigió que diera una definición de ciencia. "A ver", gritaba, "a ver". "Ciencia, dos puntos", gritaba, amartillando el arma.

–Debía ser un economista de gatillo fácil.

–Que ignoraba, justamente, que no se puede dar una definición estricta de ciencia. Debo decir que pasé un mal momento, porque como todo el mundo sabe, la policía no está acostumbrada a las armas, ya que es un ejercicio puramente intelectual.

–Desde ya –dijo Kuhn– todos conocemos la repulsión por las armas del intelecto policial. Y el asunto de la "ciencia dos puntos" es un tema a discutir. Pero antes tenemos que dar cuenta del asunto del número primo más grande y de cuántas cifras tiene. Como aclaró muy bien Ariel Arbiser y juguetonamente también Daniel Lerner, no dijimos que preguntábamos cuántas cifras en notación **decimal**.

–Enviaron el resultado final también E. Dodero, R. Sualdea, D. Alfie y G. Soprano. El Gran Primo, en notación decimal tiene la friolera de 909526 cifras. David Alfie también calculó que la última cifra del Gran Primo es un uno. Damos el fragmento de la carta. Antonio Zimmerman, por su parte, calculó que la cantidad de cifras equivale a 190 páginas de A4 Arial.

–Vale la pena decir que el número completo, con sus novecientas mil y pico de cifras está entero en internet. Es bastante impresionante ver esas páginas llenas de números.

–Y da para recordar la pregunta que hicimos sobre los numerales más grandes –dijo el Comisario Inspector–. Obviamente no existe un numeral para este número.

–Rápidamente, un enigma –dijo Kuhn– nos sacan del aire.

–Dos –dijo el Comisario Inspector– el gran Pierre de Fermat, de quien no podemos hablar hoy, dio la siguiente fórmula para producir números primos:

$2^{2^n} + 1$, con n= 1, 2, 3, etc.

¿Funciona?

–¿Y el segundo? –preguntó Kuhn.

–**Ciencia:** ...¿se les ocurre a nuestros lectores qué poner después de los dos puntos? Escuchamos sugerencias.

¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Se les ocurre? ¿Funciona la fórmula de Fermat?

CORREO DE LECTORES

NUMERO DE DIGITOS DEL GRAN PRIMO I

Estimados amigos:

El número de cifras del Gran Primo dependerá de la notación usada para escribirlo.

Se me ocurren dos alternativas rápidas:

a) En notación binaria, el número está formado por exactamente 3.021.377 unos.

b) Mucho más elegante me parece dejar el número como está (en notación exponencial de 2 disminuida en 1). Como surge de la simple lectura, tiene 9 cifras...

Daniel Lerner

NUMERO DE DIGITOS DEL GRAN PRIMO II

Hola Comisario Inspector y Kuhn:

En realidad, vamos a ver el número de cifras de $2^{3021377}$, ya que $2^{3021377}$- 1 tendrá igual número de cifras (porque $2^{3021377}$ no es de puros nueves, es decir no es de la forma '99...9999' porque es un número par).

El número de cifras (decimales) de un número natural n es siempre 1 + la parte entera del logaritmo decimal de n. En nuestro caso,

(insert de Gustavo Soprano)

El logaritmo decimal de $2^{3021377}$ es

$\log (2^{3021377}) = 3021377 \log 2 = 909525{,}11$

Por lo tanto, la cantidad de dígitos de $2^{3021377}$ es 909526. (termina el insert)

Una "traducción" de esto para quienes no manejan logaritmos puede ser la siguiente, que da en realidad una aproximación al número de cifras. Primero, usando una calculadora se puede comprobar que 2 es aproximadamente igual a $10^{0.301029995664}$.

Luego $2^{3021377}$ =

$(10^{0.301029995664})^{3021377}$ =

$10^{0.301029995664 \times 3021377}$ lo que es aproximadamente 10^{909525}, número que claramente tiene 909526 cifras.

Ariel Arbiser

ULTIMA CIFRA DEL GRAN PRIMO

(...) se puede calcular con qué número termina. En las potencias de 2 la última cifra sigue la secuencia de 2, 4, 8, 6, 2,... Entonces dividimos el exponente por 4 y tomamos la parte decimal que puede ser 1/4, 1/2, 3/4 o cero. Si es 1/4, la última cifra es 2; si es 1/2, 4; si es 3/4, 8 y si es cero, 6. En este caso, 3021377/4 = 755344,25, entonces la última cifra es 2. Pero como al número se le resta uno, el mayor número primo conocido tiene como última cifra 1. (...)

David Alfie